

городских земель, ранее использовавшихся под сельхозугодья или лесопокрытые.

Таким образом, размещение полигонов твердых бытовых отходов около городов связано с эколого-экономической оценкой влияния размещения и переработки таких отходов на окружающую природную среду – чаще всего на лесную растительность, воздух атмосферы, почву и грунтовые воды. Негативное влияние на воздух, почву и воды снижается до минимума известными техническими средствами. Влияние же полигона на природный потенциал окружающей растительности будет трудно устранимым. Величина ущерба определяется в первую очередь прекращением в прилегающей зоне и снижением в ближайших зонах рекреационной привлекательности этих территорий.

УДК 550.424.4

А.Л. Котельникова

(A.L. Kotelnikova)

Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург
(Institute of Geology and Geochemistry of UB RAS, Ekaterinburg)

**ОЦЕНКА ШЛАКОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНЫХ
ПРОИЗВОДСТВ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ
ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
(НА ПРИМЕРЕ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА
СРЕДНЕУРАЛЬСКОГО МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ЗАВОДА)
(COPPER SLAG AS POTENTIAL HEAVY METALS
SOURCE (MIDDLE-URAL COPPER MELT PLANT AS
EXAMPLE)**

Использование отвальных шлаков производства черновой меди в качестве вторичного рудного сырья, заключающееся в предварительном дроблении шлака и последующем флотационном обогащении, приводит к накоплению значительных объемов твердых отходов, в дальнейшем «песка», представляющего собой тонкодисперсный материал с малоизученными свойствами. В результате этих операций увеличивается площадь поверхности частиц «песка», проницаемость его для воды и атмосферных газов, происходит активация поверхности минералов, вследствие чего под воздействием внешних факторов будут интенсифицироваться процессы выветрива-

ния. Гипергенное преобразование отходов вторичной переработки медеплавильных шлаков ведет к изменению их минерального состава, а также мобилизации и перераспределению компонентов шлака в системе «песок» – водная фаза. В связи с этим необходимо изучение потенциальной миграционной активности тяжелых металлов (ТМ) шлака в различных физико-химических условиях для оценки экологического риска.

В данном исследовании нами были проведены лабораторные эксперименты с использованием «песка» – отхода вторичной переработки отвального медеплавильного шлака размерности 0,05 мм Среднеуральского медеплавильного завода (СУМЗ, г. Ревда).

Минеральный состав «песка»: фаялит, магнетит, гематит, диопсид, кварц, сульфиды, ферриты меди, цинка, свинца, виллемит, аморфная стекловатая фаза, гидроксиды, сульфаты, карбонаты и хлориды металлов, образующиеся в процессе флотационного извлечения меди на стадии вторичной переработки шлака.

При температуре около +20 °С и атмосферном давлении основные минералы «песка» растворяются ограниченно, поэтому можно считать, что основной вклад в формирование анионно-катионного состава растворов выщелачивания «песка» вносит аморфная стекловатая фаза и растворимые фазы, накопленные в «песке» в процессе вторичной переработки шлака. Для растворов выщелачивания характерны преимущественно сульфатный анионный состав при $\text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$, минерализация раствора около 0,3 г/л с соотношением концентраций основных катионов $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$, окислительные условия, рН 4 в начале процесса выщелачивания водой с увеличением рН до 5 – 6 в конце [1].

Для оценки подвижных форм ТМ были проведены эксперименты в соответствии с [2] по взаимодействию исходного и трансформированного под воздействием гипергенных факторов «песка» с водой, ацетатно-аммонийным раствором (1 М) и горячим раствором азотной кислоты (5 н).

Определено содержание *водорастворимых* (ионных), *подвижных* (водорастворимых, ионообменных и непрочносорбированных соединений, доступных для питания растений) и *потенциально-подвижных* (кислоторастворимых) форм тяжелых металлов при многократном воздействии на «песок» водной среды (имитация воздействия атмосферных осадков), при воздействии модельных почвенных растворов и имитации криогенеза.

Установлено, что вода и окислительные агенты атмосферы будут повышать миграционную активность тяжелых металлов (ТМ) входящих в состав «песка», особенно Cu и Zn. Более 25 % Cu и Zn и 10 % Mn и Fe от валового содержания в «песке» представлены *потенциально-подвижными* формами этих элементов.

Почвенные растворы будут способствовать миграционной подвижности Cu, Zn и Pb. Более 6 % Cu, 3 % Zn и 2 % Pb от валового их содержания

в «песке» находится в *подвижной* форме в виде водорастворимых, ионообменных и непрочносорбированных соединений, доступных для питания растений. Длительное нахождение шлака в почве в среде почвенных растворов будет приводить к снижению содержания *потенциально-подвижных* и к повышению содержания *подвижных* форм ТМ в «песке», исключая медь, образующую устойчивую твердую фазу в этих условиях. Значительно повышается содержание *водорастворимых* форм ТМ – более 2,5 % Mn, 0,5 % Fe, 0,5 % Cu, 4 % Zn, 0,5 % As и 1 % Pb от валового содержания их в «песке», что повышает риск миграции их в природные ландшафты.

Криогенез приводит к снижению содержания *потенциально-подвижных* форм ТМ в «песке» за счет образования инертных к окислению и кислотному выщелачиванию соединений.

Таким образом, многофакторное воздействие природных агентов на медеплавильный шлак в процессе гипергенеза приводит к трансформации его состава, к изменению соотношения водорастворимых, подвижных и потенциально-подвижных форм ТМ. При этом атмосферные осадки в большей степени способствуют активации «песка» по сравнению с остальными участниками гипергенного процесса, увеличивая содержание *подвижных* форм ТМ. Длительное нахождение шлака в среде почвенных растворов значительно повышает содержание *водорастворимых* форм ТМ, что повышает риск миграции их в природные ландшафты.

Библиографический список

1. Котельникова А. Л. Исследование подвижности загрязняющих веществ при кислотном выщелачивании хвостов переработки медеплавильных шлаков // Инженерная экология. 2006. № 1. С. 54-62.
2. Бачурин Б.А. Геохимическая трансформация отходов горного производства // Минералогия техногенеза-2007. Миасс: ИМин УрО РАН. 2007. С. 177-188.

